



辽河断陷盆地地层划分对比标志研究

吴炳伟, 陈 昌, 崔晓磊, 周铁锁, 张子璟, 王建飞, 张东伟,
李敬含, 孙 转, 翁文胜, 张 静

中国石油辽河油田分公司 勘探开发研究院, 辽宁 盘锦 124010

摘 要: 辽河断陷地质构造十分复杂,造成了古近系分割性强、厚度和岩性纵横向变化大等特点。寻找识别标志层,进行精细地层划分对比一直是本区地层研究的难点,制约了油气勘探开发部署。从盆地构造沉积演化分析入手,通过多重地层划分对比方法,对西部凹陷近千口探井进行系统研究,识别了古近系 7 个区域标志层,描述了古近系沙河街组共 14 种不同类型底界的接触关系和岩电特征,并以各种类型底界的代表井为基准,划分出同一地层单元内不同类型底界的分布区,使陆相断陷盆地地层划分对比更加简单、具体、易操作,为油气精细勘探提供基础支撑。

关键词: 标志层;地层划分对比;岩电特征;沙河街组;西部凹陷;辽河断陷

MARKER BEDS FOR STRATIGRAPHIC DIVISION AND CORRELATION IN LIAOHE FAULT BASIN

WU Bing-wei, CHEN Chang, CUI Xiao-lei, ZHOU Tie-suo, ZHANG Zi-jing, WANG Jian-fei, ZHANG Dong-wei,
LI Jing-han, SUN Zhuan, WENG Wen-sheng, ZHANG Jing

Exploration and Development Research Institute of Liaohe Oilfield Branch Company, PetroChina, Panjin 124010, Liaoning Province, China

Abstract: The Paleogene system is characterized by violent segmentation, greatly various thickness and lithology vertically and horizontally as a result of the complex geological structure of Liaohe fault basin. Finding and identifying marker beds for fine stratigraphic division and correlation have always been the difficulty in stratigraphic research in the area, thus restricting the deployment of oil-gas exploration and development. Based on the analysis of tectonic sedimentary evolution of the basin, the paper systematically studies nearly 1 000 exploratory wells in the Western Sag through multiple stratigraphic division and correlation, identifying 7 regional marker beds of Paleogene, describing the contact relations and lithologic-electric characteristics for 14 types of bottom boundaries of Paleogene Shahejie Formation, and dividing different distribution areas by bottom boundary types within one stratigraphic unit on the basis of representative wells, which makes the stratigraphic division and correlation of continental fault basins more simple, detailed and easy to operate, and provides basic support for fine oil and gas exploration.

Key words: marker bed; stratigraphic division and correlation; lithologic and electric property; Shahejie Formation; Western Sag; Liaohe fault basin

收稿日期:2023-04-02;修回日期:2023-04-13. 编辑:黄欣.

基金项目: 国家科技重大专项“渤海湾盆地北部油气富集规律与增储领域研究”(2011ZX05006-005);中国石油天然气股份有限公司重大科技专项“辽河探区可持续规模增储勘探关键技术研究”(2017E-1601);辽河油田公司科技项目“辽河坳陷区域构造演化与主要构造层分布”(2023QZJC-02).

作者简介: 吴炳伟(1967—),男,高级工程师,主要从事基础石油地质研究工作,通信地址 辽宁省盘锦市兴隆台区辽河油田勘探开发研究院西部所, E-mail:wubw673@163.com

0 引言

辽河断陷位于渤海湾盆地东北部,古近纪呈北东向延展的狭长箕状断陷,由西部凹陷、东部凹陷、大民屯凹陷和中央凸起、西部凸起、东部凸起“三凹三凸”6个次级构造单元组成(图1)。其中西部凹陷面积最大,约2 560 km²,呈“东断西超、南低北高”、北东向延展的箕状凹陷^[1-4]。西部凹陷油气资源丰富,勘探程度高,钻井密度大,地震、钻井、录井、测井资料详实,为本次研究奠定了基础。

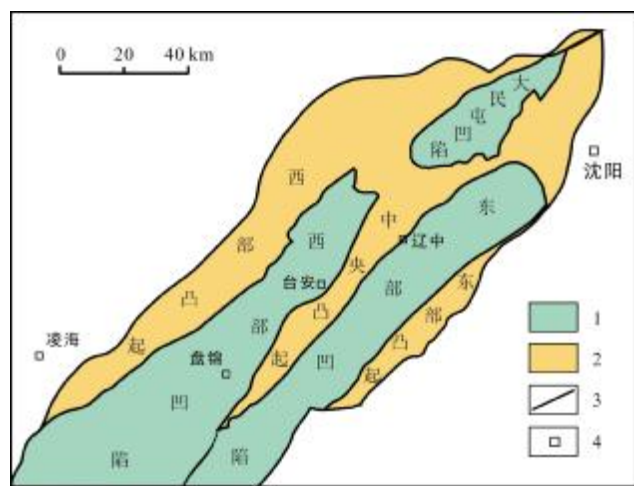


图1 辽河断陷构造区划图

Fig. 1 Tectonic division of Liaohe fault basin

1—凹陷区(sag area); 2—凸起区(uplift area); 3—构造边界(tectonic boundary); 4—城市(city)

辽河断陷从1964年开始油气调查至今,地层研究始终是油气勘探工作的基础。在勘探早期,岩石地层和生物地层是主要的地层划分对比手段。1980—1990年,随着地震、钻井等资料的丰富和地质认识的深入,逐步统一了岩石地层和生物化石带的命名,确定了二者的对比关系及主要地质界线,将3个凹陷分别进行了地层划分对比,并与渤海湾盆地其他地区进行了统层。1990—1992年,石油系统开展了全国主要含油气盆地新生界的统层工作,建立了中国各含油气盆地间新生界划分对比方案,也奠定了辽河断陷新生界地层研究的基础^[5-6]。由于辽河断陷地质构造十分复杂,新生代的构造沉积活动呈现多旋回性,致使新生界具有沉积时间短、沉积厚度大、分割性强、厚度和岩性纵横向变化快等特点^[7-11]。建立地层划分对比标志,进行全区地层精细划分对比一直是本区地层研究的难题。近

年来,辽河油田逐渐步入高成熟勘探阶段,寻找岩性油气藏等隐蔽油气藏成为油气勘探的重点,地层的划分越来越精细,对地层的研究精度要求不断提高,陆相地层研究中的一些难点更加突出,影响了油气勘探的部署。本次研究从区域构造沉积演化分析入手,充分运用岩石地层学、生物地层学、测井地层学、地震地层学等多重地层学研究手段和成果^[12-16],对地层发育最为齐全的西部凹陷近千口探井进行系统的划分对比,开展古近系沙河街组地层划分对比标志研究。首先确定区域标志层;其次是建立标准井,明确各地层单元不同类型底界特征,做到各地层单元底界的岩电特征清楚,与下伏地层的岩电特征有别;最后是确定各地层单元不同类型底界的分布边界。在建立了标准井之后,开展纵横向对比,划定各地层单元底界及不同类型底界的分布区。目的是尽量做到地层划分对比的具体化、标准化、简单化,解决陆相断陷盆地构造复杂、沉积相带窄、地层厚度变化大、岩性变化快给地层划分对比带来的困难,以满足油气精细勘探的需求。

1 古近系地质特征

辽河断陷新生代共发生了6次较大规模的构造运动,构造沉积演化表现为多期旋回^[4,7-8],自下而上沉积了古近系房身泡组、沙河街组、东营组,新近系馆陶组、明化镇组和第四系平原组(表1,图2)。古近系沙河街组是油气勘探开发主要层系。

1.1 房身泡组

房身泡组是辽河断陷新生代初次裂陷的产物,可划分为上下两段。下段为深灰色、紫红色厚层玄武岩;上段主要为深紫红色泥岩、砂砾岩夹红色薄层泥岩,在泥岩夹层中见到褶皱桦粉-小刺鹰粉孢粉组合(*Betulaepollenites plicoides*-*Aquilapollenites spinulosus*)。最大揭示厚度为1 204 m(未穿),本组顶底的火山岩年龄分别为46.4 Ma和65 Ma,与下伏地层呈角度不整合接触。

1.2 沙河街组四段

沙河街组四段是第一次成盆期的产物,湖盆分割性较强。高升镇以北是湖泊沉降和沉积中心,以半深湖相沉积为主;中部地区为浅湖相;南部地区为河流-沼泽相^[8-11]。岩性可划分为3段:下段为深灰、褐灰色泥岩夹玄武岩;中段下部为褐灰色泥岩、钙质页岩、油

表 1 西部凹陷新生界地质特征及划分标志

Table 1 Geological characteristics and stratigraphic markers of the Cenozoic in Western Sag

地层					构造特征					沉积特征			顶底界标志			
系	统	组	段	亚段	构造期次	旋回特征	演化阶段	地震反射界面	接触关系	北部地区	中部地区	南部地区	北部地区	中部地区	南部地区	
新近系	上新统		上		VI		拗陷	T1	整合-假整合	河流相				粗段底		
	中新统	明化镇组	下						角度不整合	河流相	沼泽相	湖沼相				
		馆陶组									河流相					
古近系	渐新统	东营组	一		V		缓慢沉降地堑	T3	整合-假整合	河流相				东三段粗段底	东三段炭质泥岩段底	东三段粗段底
			二						河流相	沼泽相	湖沼相					
			三						沼泽相	浅湖相						
		沙河街组	上中下		IV		稳定沉降夷平	整合-假整合	浅湖相				沙一下钙片页岩底	胖砂岩顶	沙一下钙片页岩底	
	二			滨浅湖相												
	一			河流相					浅湖相							
	始新统	沙河街组	中		III		快速裂陷裂陷	T4	整合-假整合	滨浅湖相	深湖-半深湖相			沙三段粗段底	莲花砂层底	特殊岩性段顶
			下						浅湖相							
			上中下						II		稳定沉降	假整合-微角度不整合				
		四														
古新统	房身泡组	上中下		I		慢速裂陷	Tg	角度不整合	玄武岩		缺失	玄武岩顶		红色泥岩顶		

页岩、白云质灰岩等,上部为灰色泥岩;上段下部主要为灰褐色含砾砂岩、砂岩等,上部为深灰色泥岩与油页岩、钙质页岩、灰岩薄互层。含介形类光滑南星介组合(*Austrolypris levis*),孢粉杉粉属-薄极忍冬粉组合(*Taxodiaceapollenites-Lonicerapollis tenuipolaris*),沟鞭藻类原始渤海藻-光面球藻属组合(*Bohaidina primitivus-Leiosphaeridia*)^[6]。最大揭示厚度为 1 179 m,与下伏房身泡组为假整合-微角度不整合接触。

1.3 沙河街组三段

沙河街组三段沉积时期,湖盆快速裂陷,水体最深,除了北部及边缘地区为滨浅湖相,其他地区主要为深湖-半深湖相沉积^[1,7,11]。地层沉积厚度大,生油岩和储集层发育。岩性可划分为 3 段:下段下部以褐色砂砾岩为主,上部为深灰、褐灰色泥岩夹钙质页岩、油页岩;中段下部为灰、灰白色含砾砂岩,上部为灰、深灰色泥岩;上段以深灰色泥岩为主,夹灰白色砂岩、砂砾岩。含介形类中国华北介组合(*Huabeinia chinensis*),孢粉小亨氏栎粉-椴粉属组合(*Quercoidites microhenrici-Tiliaepollenites*),沟鞭藻类渤海藻属组合(*Bohaidina*)^[6]。最大揭示厚度为 1 821 m,与下伏沙河街组四段为整

合-假整合接触。

1.4 沙河街组二段

处于裂谷活动的稳定期,湖盆水域收缩,水体明显变浅,北部及边缘地区缺失该段地层,洼陷区为滨浅湖相沉积^[17]。岩性主要为灰白、棕黄色砂砾岩、长石砂岩,夹深灰、绿灰色泥岩。含介形类椭圆拱星介组合(*Camarocypris elliptica*),孢粉麻黄粉属-芸香粉属组合(*Ephedripites-Rutaceoipollis*)^[6]。最大揭示厚度为 331 m,与下伏沙河街组三段为整合-假整合接触。

1.5 沙河街组一段

沙河街组一段沉积时期,研究区进入稳定沉降期,湖水再次扩大,南部构造活动增强,水体加深,其他地区以浅湖相为主^[8,17]。岩性可划分为 3 段:下段底部为砂泥岩互层,中部为分布稳定的灰色泥岩段,上部为砂岩和泥岩互层,局部地区出现钙质页岩和油页岩;中段为砂泥岩互层和夹油页岩的泥岩段,油页岩厚 30~50 m,为研究区最稳定的标志层;上段以杂色砂泥岩互层、化石稀少为特征,在盆地边缘和高垒带上缺失。含介形类惠民小豆介组合(*Phacocypris huiminensis*),孢粉栎粉属-菱孔楝粉组合(*Quercoidites-Meliaceoidites*)

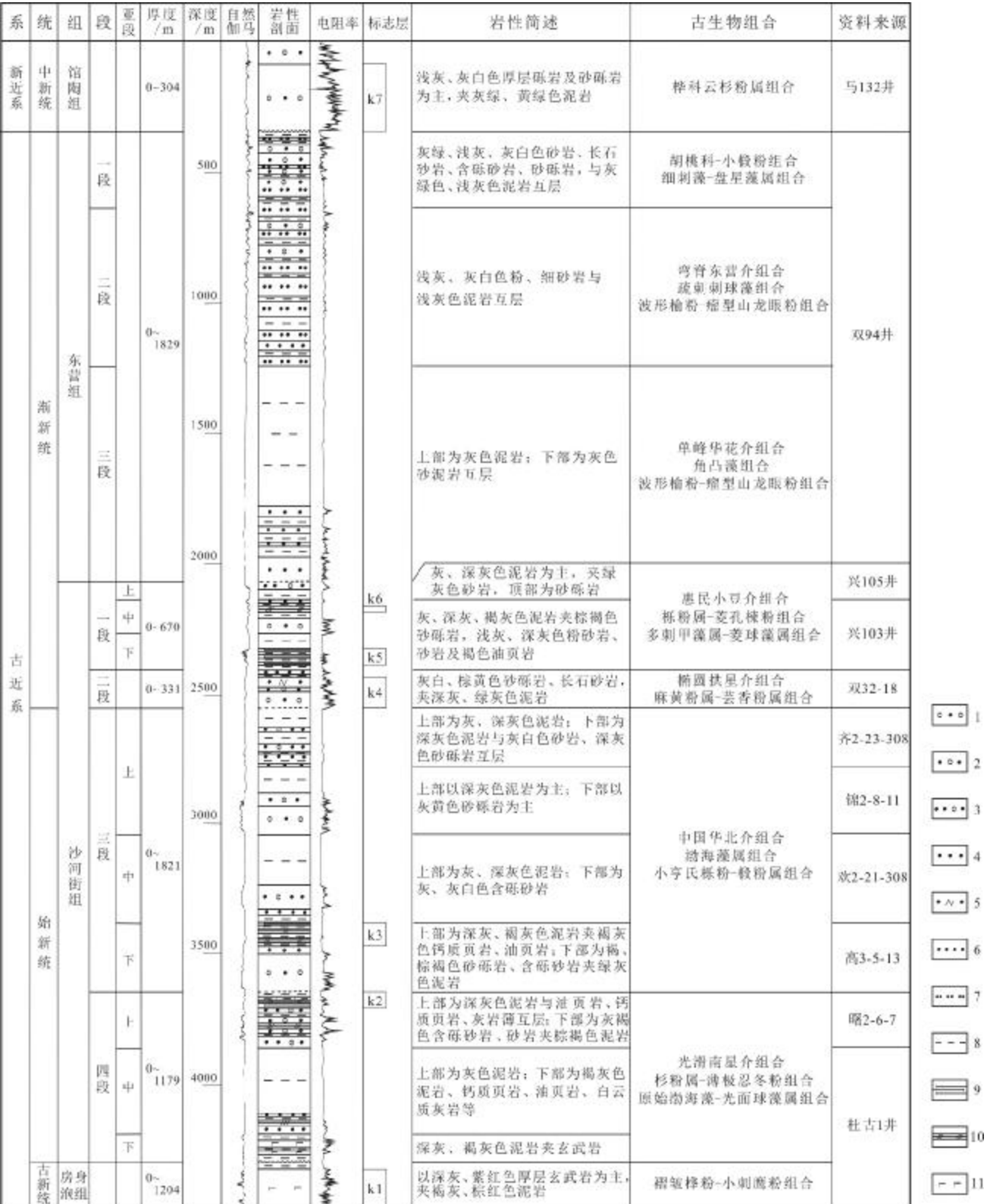


图 2 西部凹陷古近系地层综合柱状图

Fig. 2 Comprehensive stratigraphic column of the Paleogene in Western Sag

1—砂砾岩 (glutenite); 2—含砾粗砂岩(pebbly coarse sandstone); 3—含砾细砂岩(pebbly fine sandstone); 4—中砂岩(medium sandstone); 5—长石砂岩 (feldspar sandstone); 6—细砂岩(fine sandstone); 7—粉砂岩(siltstone); 8—泥岩(mudstone); 9—页岩(shale); 10—油页岩(oil shale); 11—玄武岩(basalt)

rhomboiporus), 沟鞭藻类多刺甲藻属-菱球藻属组合(*Sentusidinium-Rhombodella*)^[6], 最大揭示厚度为 670 m, 与下伏沙河街组二段为整合-假整合接触。

1.6 东营组

研究区沉积了巨厚的以灰绿色为主、粒度较粗、化石很少的河流相-泛滥平原相砂泥岩。东营组可划分为 3 段。东三段下部为砂泥岩互层, 岩性较粗, 发育底砾岩; 中上部以厚层状暗色泥岩、砂泥岩互层及砂砾岩为主。东二段下部为砂泥岩互层, 上部为暗色泥岩。东一段为黄绿、灰绿、绿灰色泥岩和灰白色砂砾岩互层, 以含化石稀少的粗碎屑沉积为特征。含介形类弯脊东营介-单峰华花介组合(*Dongyingia inflexicostata-Chinocythere unicuspinata*), 孢粉波形榆粉-瘤型山龙眼粉组合(*Ulmipollenites undulosus - Proteacidites verruciformis*), 沟鞭藻类疏刺刺球藻-角凸藻属组合(*Baltisphaeridium laxispinosum-Prominargularia*)^[6], 最大揭示厚度 1 829 m, 与下伏沙河街组一段为整合-假整合接触。

2 标志层特征

标志层是指一层或一组具有明显特征可作为地层对比标志的岩层。它是在沉积盆地内共同的区域地质背景和相对特殊而稳定的沉积环境下形成的产物, 具有所含化石和岩性特征明显、层位稳定、分布范围广、易于鉴别的特点, 既特殊又普遍^[18-21]。在相变迅速的陆相断陷盆地内, 岩性和厚度稳定且分布广泛的标志层为数不多, 标志层的识别和建立显得尤为重要。因此, 在含油气盆地内寻找和确定标志层不仅限于化石组合和岩性特征, 还要结合钻井的电性标志和沉积旋回分析。本次研究总结并建立了西部凹陷新生界 7 个区域标志层, 其中沙河街组 5 个区域标志层(图 2), 这是划分对比地层、判断地质年代和层位关系的主要依据。

2.1 房身泡组下部火山岩段(K1)

该标志层位于房身泡组下部, 岩性以黑色或紫红色厚层玄武岩为主, 电阻率曲线呈锯齿状高阻, 是盆地裂陷初期火山喷发的产物。在西部凹陷大凌河以南和兴隆台以北广大地区分布广泛的大套玄武岩与前寒武系混合花岗岩、花岗片麻岩、石英岩等老地层或中生界的火山碎屑岩接触, 并呈明显的角度不整合。主要分

布在西部凹陷西斜坡中、北段及东侧陡坡带。

2.2 沙四段上部特殊岩性段(K2)

该标志层位于沙四段上部, 岩性为褐色油页岩、褐灰色白云岩、白云质灰岩与深灰色泥岩薄互层, 电阻率曲线为锯齿状中低阻, 厚度一般 40~100 m, 形成于宁静的浅水湖湾环境。其特点是岩性组合特殊、电性特征清晰, 主要分布于西部凹陷西部斜坡带。

2.3 沙三段下部油页岩段(K3)

该标志层位于沙三段下亚段的顶部, 由褐色油页岩、钙质页岩和深灰色泥岩组成, 以厚度较大、不含灰岩、电阻率曲线为弱齿状低阻等特征, 区别于沙四段上部特殊岩性段(K2)。主要分布于西部凹陷西部斜坡带及兴隆台等地区。

2.4 沙二段下部砂砾岩段(K4)

该标志层位于沙二段下部, 岩性为棕黄色中-粗粒长石砂岩、砂砾岩, 电阻率曲线呈尖刀状高阻, 厚度一般 20~100 m。因砂砾岩中含钾长石及酸性火成岩砾石, 常称作“高粱米(肉红色)砂砾岩”。该标志层分布局限, 以兴隆台地区特征最为明显, 至马圈子以南相变为砂泥岩互层, 不具备“高粱米砂岩”的特征。

2.5 沙一段下部钙质页岩标志层(K5)

该标志层位于沙一段底部, 由灰褐色钙质页岩和灰色泥岩组成, 呈薄互层状, 厚度约 30 m, 分布广泛, 俗称“钙片页岩”, 电阻率曲线为多个连续的锯齿状单峰。高升、曙光两地的高部位缺失本标志层。

2.6 沙一段中部油页岩标志层(K6)

该标志层位于沙一段中部, 岩性为褐灰色油页岩或生物灰岩, 厚度 10 m 左右, 层位稳定, 电性特征呈明显锯齿状, 是最易识别的区域性对比标志层。在大凌河以西和曙光地区相变为生物灰岩或鲕粒灰岩。

2.7 馆陶组块状砂砾岩标志层(K7)

该标志层位于馆陶组底部, 岩性为灰白色厚层砂砾岩, 电阻率呈齿化箱状高阻, 岩性电性特征明显, 厚度稳定, 分布广泛, 地震反射连续性好, 全区可识别追踪, 为研究区新近系和古近系划分对比的区域标志层。

3 沙河街组划分对比标志

陆相断陷盆地沉积地层横向变化快, 同一地层单元在不同沉积环境和沉积相带岩石组合和接触关系存在差异。在区域对比标志层宏观约束下, 确定各地层

单元间不同类型底界的岩电特征,建立识别标准和划分对比标志,划定同一地层单元不同类型底界的分布区。

3.1 沙四段底界类型及分布

沙四段与下伏地层接触关系比较复杂,按岩电特征可划分出 4 种类型。

第Ⅰ类:沙四段/房身泡组(细)接触型。沙四段底部以褐灰、灰、灰绿色砂砾岩和泥岩为主,夹薄层油页岩,与房身泡组的红色、灰褐色泥岩接触,其底界一般划在房身泡组红色泥岩段顶。电阻率曲线在界线之下

为平滑低阻,之上为弱齿状低阻。该类型代表井为杜 138 井,分布在西部凹陷大部分地区(图 3、4)。

第Ⅱ类:沙四段/房身泡组(玄)接触型。沙四段以白云岩、油页岩、灰质砂岩、泥岩等与房身泡组灰黑色玄武岩接触,其底界一般划在玄武岩顶。电阻率曲线在界线之下为锯齿状高阻,之上为齿状中低阻。该类型代表井为曙古 36 井,分布在高升-盘山地区(图 3、4)。

第Ⅲ类:沙四段/中生界接触型。沙四段的泥岩、油页岩、白云岩与中生界的火山角砾岩直接接触,界线

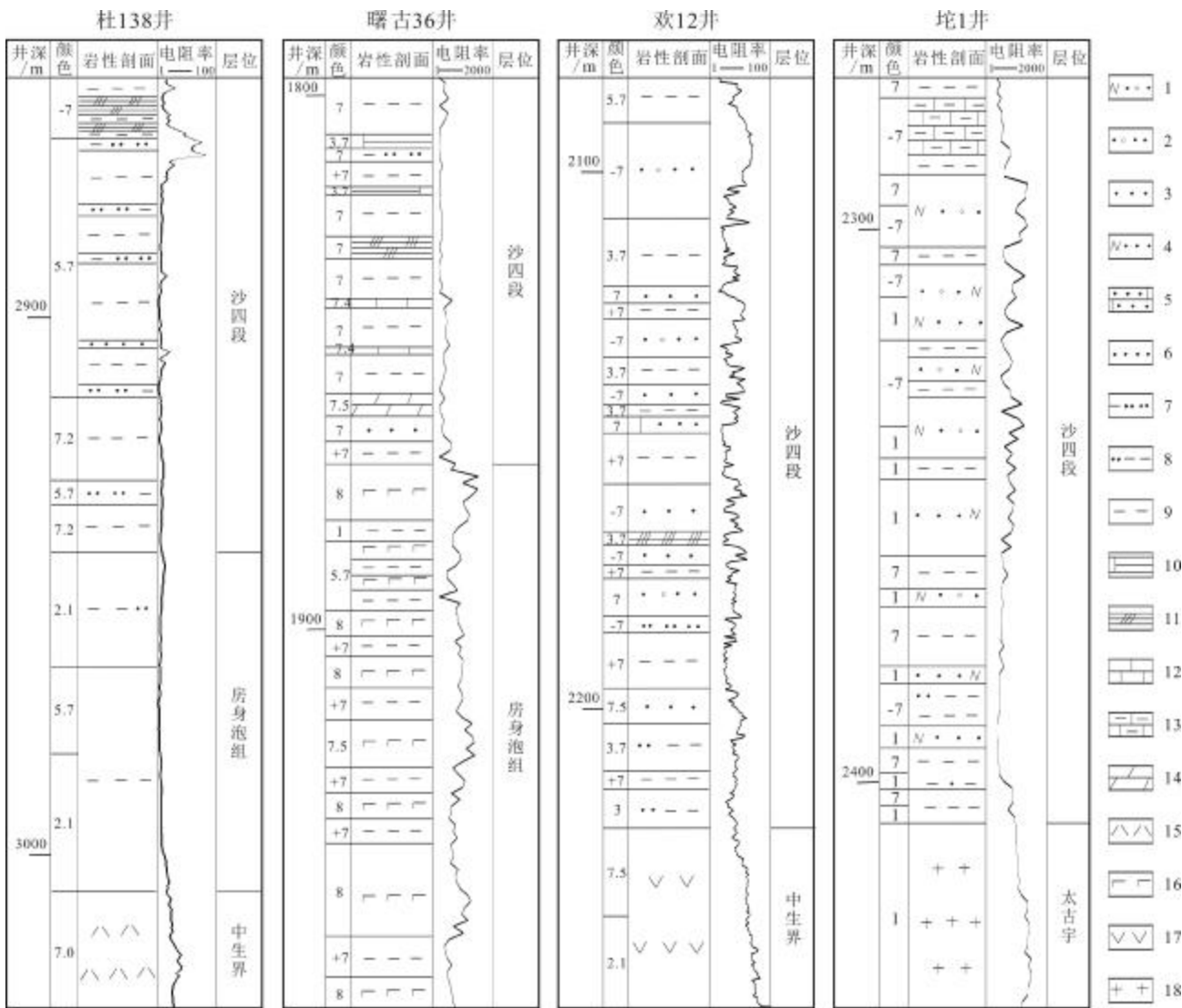


图 3 西部凹陷沙四段不同类型底界划分标志图

Fig. 3 Marker beds for different bottom boundaries in the Sha-4 Member of Western Sag

1—长石含砾粗砂岩(feldspar pebbly coarse sandstone); 2—含砾中砂岩(pebbly medium sandstone); 3—中砂岩(medium sandstone); 4—长石中砂岩(feldspar medium sandstone); 5—灰质中砂岩(calcareous medium sandstone); 6—细砂岩(fine sandstone); 7—泥质粉砂岩(argillaceous siltstone); 8—粉砂质泥岩(silty mudstone); 9—泥岩(mudstone); 10—灰质页岩(calcareous shale); 11—油页岩(oil shale); 12—灰岩(limestone); 13—泥灰岩(marlstone); 14—白云岩(dolomite); 15—凝灰岩(tuff); 16—玄武岩(basalt); 17—安山岩(andesite); 18—花岗岩(granite)

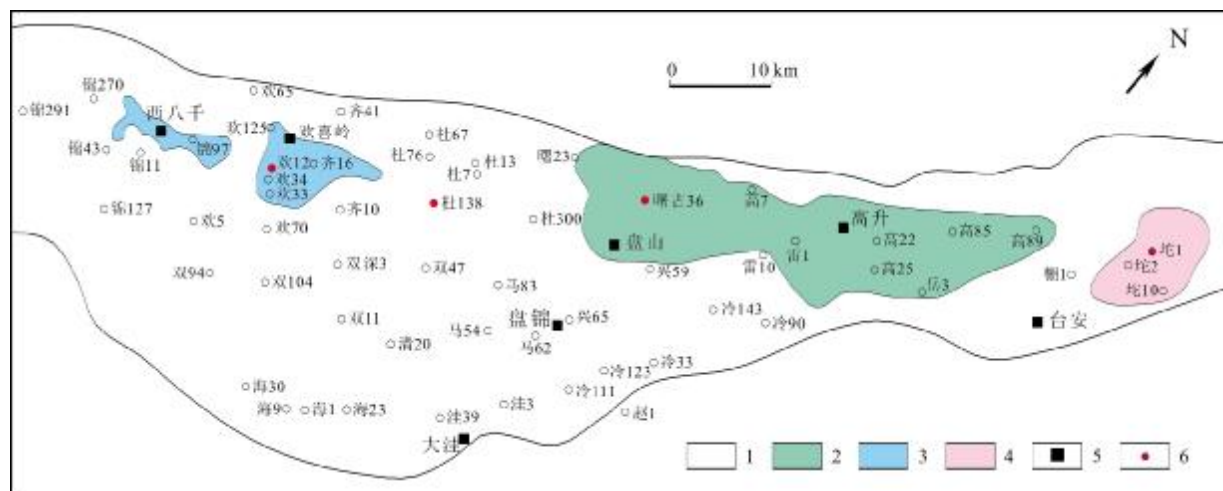


图4 西部凹陷沙四段不同类型底界分区图

Fig. 4 Division of bottom boundary types for the Sha-4 Member in Western Sag

1—第Ⅰ类分布区(Type I distribution area); 2—第Ⅱ类分布区(Type II distribution area); 3—第Ⅲ类分布区(Type III distribution area); 4—第Ⅳ类分布区(Type IV distribution area); 5—城镇(town); 6—代表井(representative well)

划在中生界角砾岩顶,电阻率曲线在界线之下为箱状高阻,之上为锯齿状中低阻,代表井为欢12井,仅分布在西部凹陷西南部欢喜岭、西八千等局部地区(图3、4)。

第Ⅳ类:沙四段/太古宇接触型,沙四段牛心坨油层段的灰岩、白云质泥岩、长石砂岩等与下伏太古宇花岗岩直接接触,电阻率曲线在界线之下为箱状高阻,之上为锯齿状中高阻,代表井为坨1井,仅分布在西部凹陷北部牛心坨的地区(图3、4)。

3.2 沙三段底界类型及分布

沙三段底界可划分为4种类型。

第Ⅰ类:沙三段/沙四段(细)接触型,沙三段油页岩段与沙四段顶部细段(砂泥岩互层段)接触,其底界划在油页岩底或沙四段砂泥岩互层段顶,电阻率曲线在界线之下为弱齿状中低阻,之上为齿状中阻,代表井为欢34井,分布在西八千、欢喜岭、盘山、台安等广大地区(图5、6)。

第Ⅱ类:沙三段/沙四段(特)接触型,沙三段的深灰、灰黑色泥岩夹浊积岩与沙四段的油页岩、钙质页岩、白云岩等(特殊岩性段)接触,其底界划在沙四段特殊岩性段顶,电阻率曲线在界线之下为锯齿状中低阻,之上为平滑低阻,代表井为高22井,分布在西部斜坡带杜7井至坨1井一带(图5、6)。

第Ⅲ类:沙三段/中生界(太古宇)接触型,沙三

段与中生界或太古宇接触,其底界划在中生界红色砾岩及火山岩顶或太古宇混合花岗岩顶,电阻率曲线在界线之下为箱状高阻,之上为齿状中低阻,代表井为冷123井,分布在冷家至大洼靠近中央凸起带附近(图5、6)。

第Ⅳ类:沙三段未穿型,在西部凹陷深洼区沙三段未钻穿,分布在欢南至兴隆台一带(图5)。

3.3 沙二段底界类型及分布

西部凹陷沙二段主要分布于中南部深洼区,其他地区缺失,其底界可划分为2种类型。

第Ⅰ类:沙二段(细)/沙三段(细)接触型,以沙二段的灰色粉砂岩、砂岩、泥岩交互沉积与沙三段细段接触,电阻率曲线在界线之下为平直低阻,之上为锯齿状中低阻,代表井为欢33井,分布在陈家洼陷以南、西斜坡以东地区(图7、8)。

第Ⅱ类:沙二段(粗)/沙三段接触型,沙二段的砂岩、砂砾岩(高粱米砂岩)与沙三段细段接触,其底界划在“高粱米砂岩”底,电阻率曲线在界线之下为平直低阻,之上为尖刀状高阻,代表井为马83井,主要分布在兴隆台和马圈子地区(图7、8)。

3.4 沙一段底界类型及分布

沙一段底界可划分为4种类型。

第Ⅰ类:沙一段(钙)/沙二段接触型,是沙一段与沙二段最主要接触关系,沙一段下发育标志层“钙片页

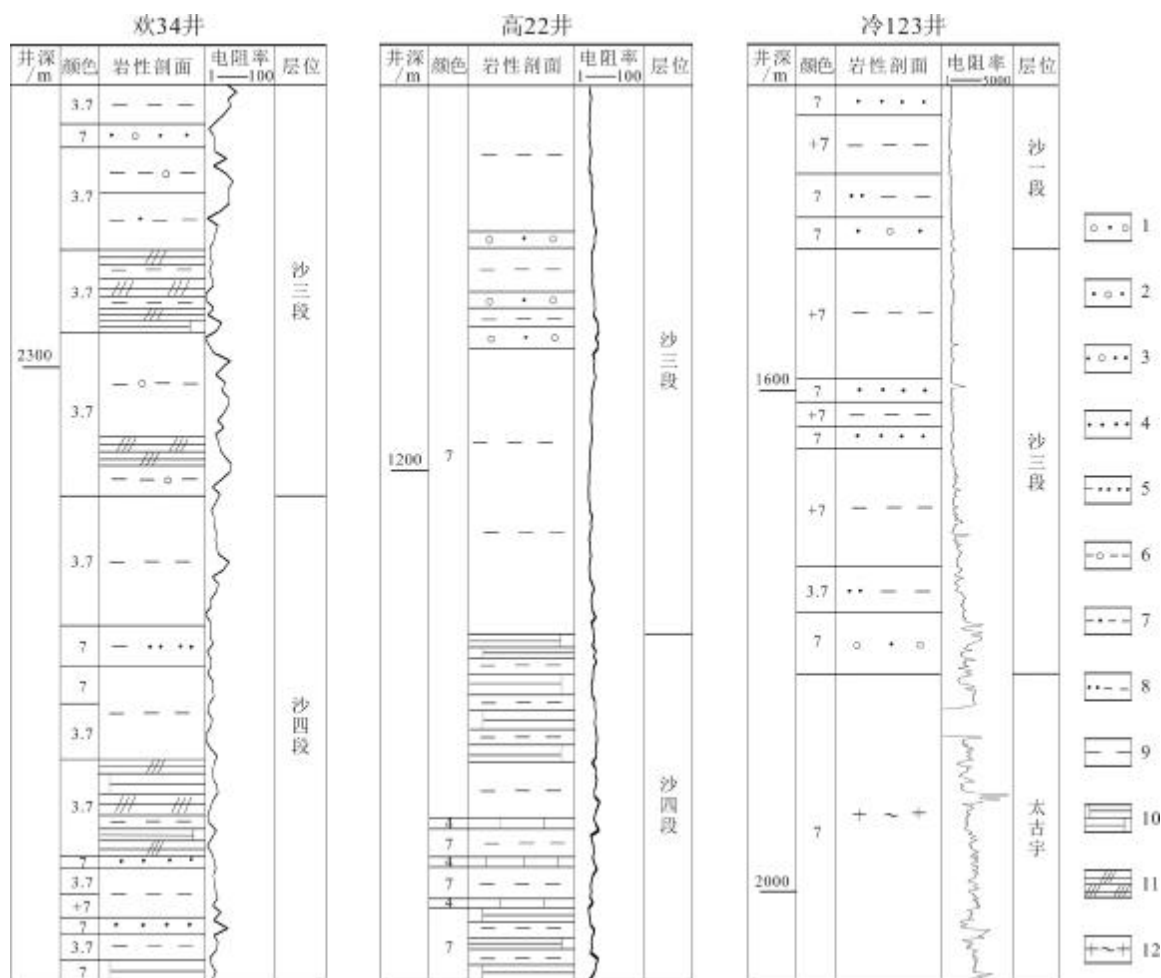


图 5 西部凹陷沙三段不同类型底界划分标志图

Fig. 5 Marker beds for different bottom boundaries in the Sha-3 Member of Western Sag

1—砂砾岩 (glutenite); 2—含砾粗砂岩 (pebbly coarse sandstone); 3—含砾中砂岩 (pebbly medium sandstone); 4—细砂岩 (fine sandstone); 5—泥质粉砂岩 (argillaceous siltstone); 6—含砾泥岩 (pebbly mudstone); 7—含砂泥岩 (sandy mudstone); 8—粉砂质泥岩 (silty mudstone); 9—泥岩 (mudstone); 10—灰质页岩 (calcareous shale); 11—油页岩 (oil shale); 12—混合花岗岩 (migmatitic granite)

岩”,沙二段厚度较大,一般 60~200 m,其底界划在“钙片页岩”标志层底.电阻率曲线在界线之下为锯齿状中高阻,之上为齿状低阻.代表井为欢 26 井,分布在中南部的深洼区(图 9、10).

第Ⅱ类:沙一段(泥)/沙二段(薄)接触型。该类型沙一段不见“钙片页岩”标志层,沙二段仅厚 10~60 m,沙一段泥岩与沙二段含砾砂泥岩段接触,其底界划在沙一段泥岩底。电阻率曲线在界线之下为齿状中低阻,之上为弱齿状低阻。代表井为欢 12 井,仅分布在欢喜岭东部和盘山西部的局部地区(图 9、10)。

第Ⅲ类:沙一段/沙三段接触型,沙一段超覆在沙三段之上,与沙三段直接接触,沙一段底部通常存在底砾岩,其底界划在砂砾岩底。电阻率曲线在界线之下

为平直低阻, 之上为锯齿状中高阻, 代表井为齐 41 井, 分布在深洼区之外的广大地区(图 9、10)。

第Ⅳ类:沙一段/中生界(太古宇)接触型.在海外河的局部地区沙一段直接与中生界或太古宇接触,缺失沙二段和沙三段(图10).

4 结论

基于辽河断陷西部凹陷近千口探井钻、录、测资料分析,依据多重地层学研究方法,确定古近系 7 个区域标志层。在区域标志层控制下,总结了沙河街组各段岩石组合和电性特征的时空变化规律,建立了代表标准井,明确了沙河街组各段不同类型底界的岩电特征和接触关系,描述了沙河街组共 14 种不同类型底界的

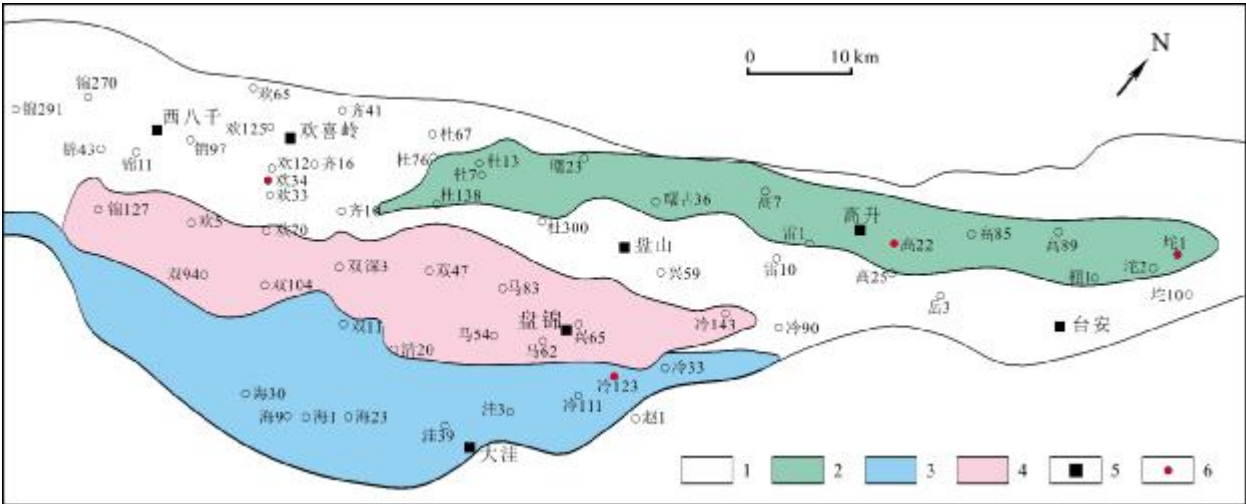


图 6 西部凹陷沙三段不同类型底界分区图

Fig. 6 Division of bottom boundary types for the Sha-3 Member in Western Sag

1—第 I 类分布区(Type I distribution area); 2—第 II 类分布区(Type II distribution area); 3—第 III 类分布区(Type III distribution area); 4—第 IV 类分布区(Type IV distribution area); 5—城镇(town); 6—代表井(representative well)

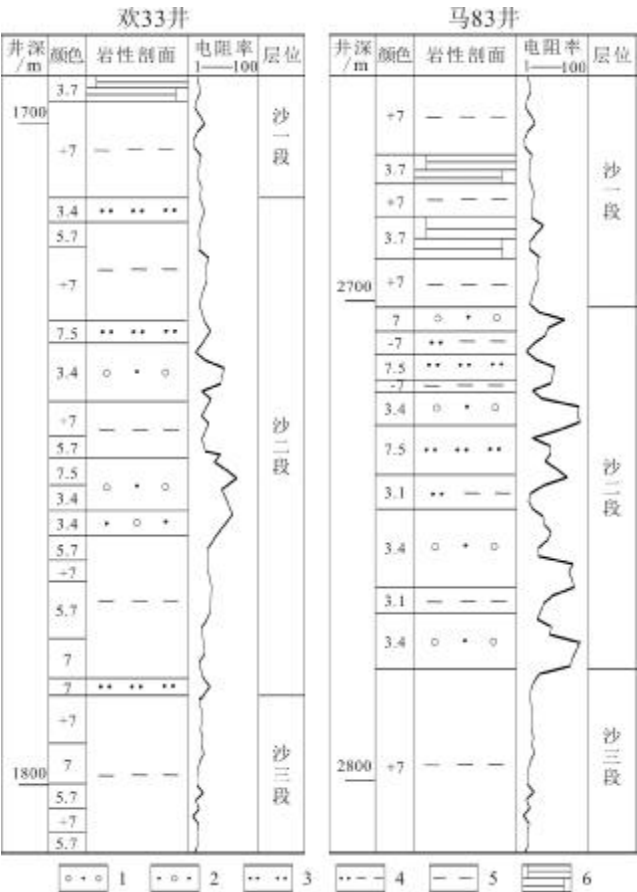


图 7 西部凹陷沙二段不同类型底界划分标志图

Fig. 7 Marker beds for different bottom boundaries in the Sha-2 Member of Western Sag

1—砂砾岩(glutenite); 2—含砾粗砂岩(pebbly coarse sandstone); 3—粉砂岩(siltstone); 4—粉砂质泥岩(silty mudstone); 5—泥岩(mudstone); 6—灰质页岩(calcareous shale)

接触关系和岩电特征,并以各种类型底界的代表井为基准,划分出沙河街组各段不同类型底界的分布区.解决了陆相断陷盆地地层、岩性、岩相变化快给地层划分对比带来的困难,使陆相断陷盆地地层划分对比更加具体、简单、易操作.

参考文献(References):

[1]张震, 鲍志东, 童亨茂, 等. 辽河断陷西部凹陷沙三段沉积相及模式[J]. 高校地质学报, 2009, 15(3): 387-397.
Zhang Z, Bao Z D, Tong H M, et al. Sedimentary facies and facies model of the 3rd member of Shahejie Formation in the Western Sag, Liaohe Fault Basin[J]. Geological Journal of China Universities, 2009, 15(3): 387-397.
[2]吴炳伟. 孢粉信息函数在辽河断陷西部凹陷沙河街组古环境分析中的应用[J]. 微体古生物学报, 2015, 32(3): 285-291.
Wu B W. The application of spore-pollen information function for palaeoenvironment analysis of the Shahejie Formation in the Western Depression, Liaohe Fault Basin, NE China[J]. Acta Micropalaeontologica Sinica, 2015, 32(3): 285-291.
[3]李洪楠, 高荣锦, 张海栋, 等. 辽河坳陷大洼地区中生界火山岩储层特征及成藏模式[J]. 中国地质, 2021, 48(4): 1280-1291.
Li H N, Gao R J, Zhang H D, et al. Characteristics and hydrocarbon accumulation models of Mesozoic volcanic reservoirs in the Dawa area of Liaohe depression[J]. Geology in China, 2021, 48(4): 1280-1291.
[4]吴敬哲. 下辽河坳陷西部凹陷区域地质构造浅析[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版), 2011, 30(S1): 5-7.
Wu J Z. Geological structure of western hollow in Lower Liaohe River Depression [J]. Journal of Liaoning Technical University (Natural

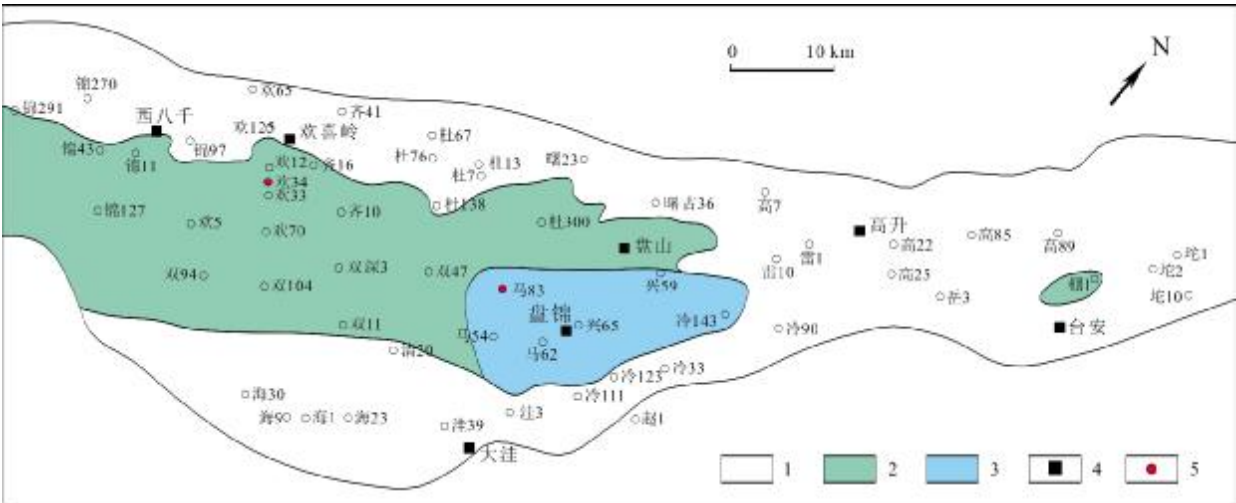


图 8 西部凹陷沙二段不同类型底界分区图

Fig. 8 Division of bottom boundary types for the Sha-2 Member in Western Sag

1—第 I 类分布区(Type I distribution area); 2—第 II 类分布区(Type II distribution area); 3—第 III 类分布区(Type III distribution area); 4—第 IV 类分布区(Type IV distribution area); 5—代表井(representative well)

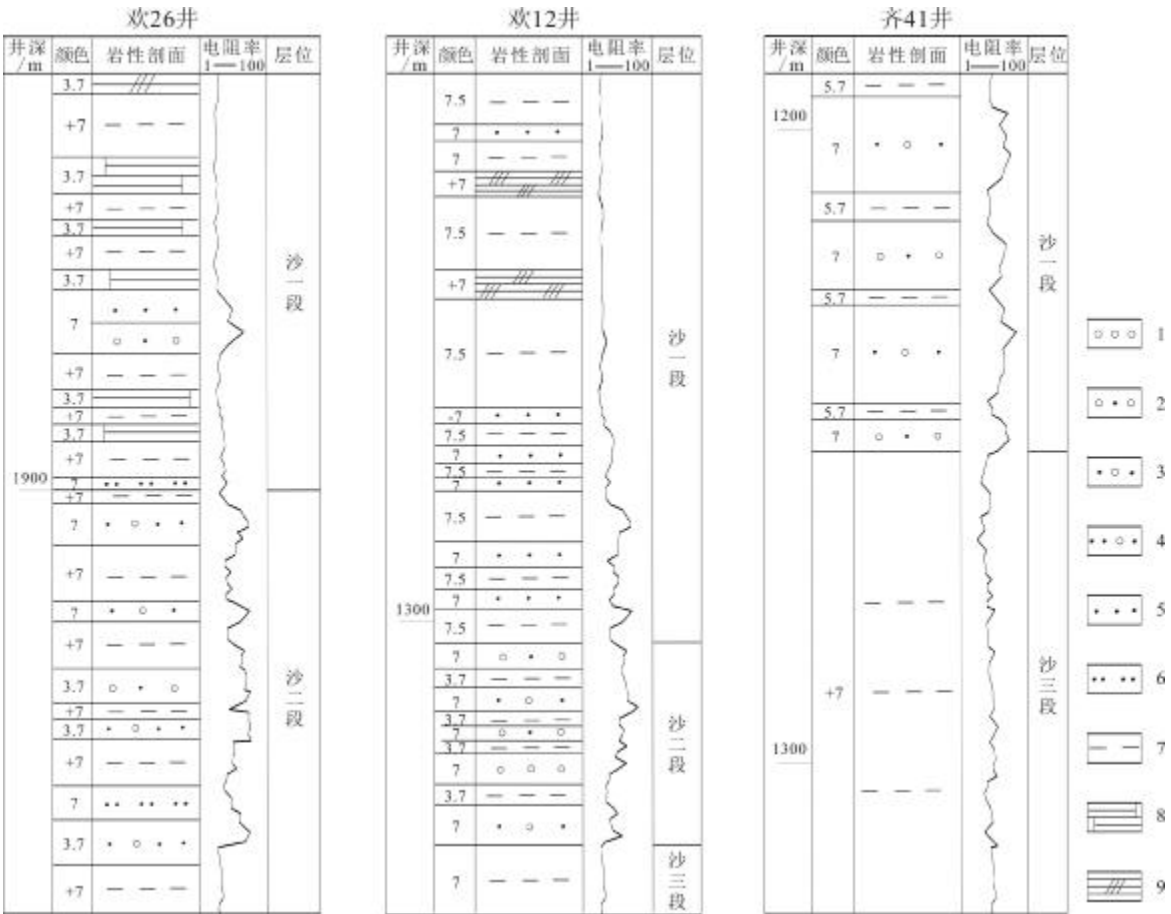


图 9 西部凹陷沙一段不同类型底界划分标志图

Fig. 9 Marker beds for different bottom boundaries in the Sha-1 Member of Western Sag

1—砾岩(conglomerate); 2—砂砾岩(glutenite); 3—含砾粗砂岩(pebbly coarse sandstone); 4—含砾中砂岩(pebbly medium sandstone); 5—中砂岩(medium sandstone); 6—粉砂岩(siltstone); 7—泥岩(mudstone); 8—灰质页岩(calcareous shale); 9—油页岩(oil shale)

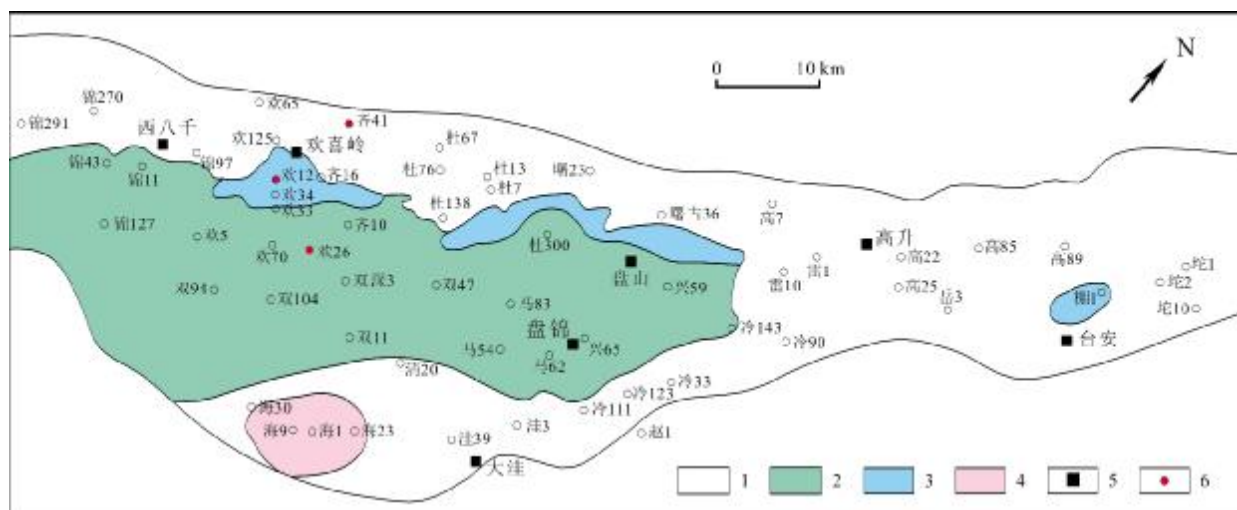


图 10 西部凹陷沙一段不同类型底界分区图

Fig. 10 Division of bottom boundary types for the Sha-1 Member in Western Sag

1—第 I 类分布区(Type I distribution area); 2—第 II 类分布区(Type II distribution area); 3—第 III 类分布区(Type III distribution area); 4—第 IV 类分布区(Type IV distribution area); 5—城镇(town); 6—代表井(representative well)

Science), 2011, 30(S1): 5-7.

[5]叶得泉, 钟筱春, 姚益民, 等. 中国油气区第三系(I)总论[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993: 1-220.

Ye D Q, Zong X C, Yao Y M, et al. Tertiary in petroliferous regions of China (I) [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1993: 1-220. (in Chinese)

[6]姚益民, 梁鸿德, 蔡治国, 等. 中国油气区第三系(IV)渤海湾盆地油气区分册[M]. 北京: 石油工业出版社, 1994: 1-240.

Yao Y M, Liang H D, Cai Z G, et al. Tertiary in petroliferous regions of China (IV) [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1994: 1-240. (in Chinese)

[7]丁志刚, 吴敬哲, 于涛, 等. 下辽河西部凹陷下第三系地层及沉积特征[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版), 2011, 30(S1): 30-33.

Ding Z G, Wu J Z, Yu T, et al. Lower Tertiary stratum of Lower Liaohe River's western hollow and its sedimentary characteristics[J]. Journal of Liaoning Technical University (Natural Science), 2011, 30 (S1): 30-33.

[8]孙洪斌, 张凤莲. 辽河坳陷古近系构造-沉积演化特征[J]. 岩性油气藏, 2008, 20(2): 60-65, 73.

Sun H B, Zhang F L. Structural-sedimentary evolution characteristics of Paleogene in Liaohe Depression[J]. Lithologic Reservoirs, 2008, 20(2): 60-65, 73.

[9]李琳, 任作伟, 侯振文. 辽河盆地西部凹陷深层沉积特征及有利相带预测[J]. 沉积学报, 1997, 15(S1): 120-126.

Li L, Ren Z W, Hou Z W. Depositional characteristics and favorable facies belts prediction of deep reservoir from West Depression, Liaohe Basin, China[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1997, 15(S1): 120-

126.

[10]谢玉华, 朱筱敏, 赵坤. 辽河西部凹陷古近系层序地层格架[J]. 科技导报, 2010, 28(6): 58-64.

Xie Y H, Zhu X M, Zhao K. Sequence-stratigraphic framework on Paleogene of the Liaohe Western Depression[J]. Science & Technology Review, 2010, 28(6): 58-64.

[11]王青春, 贺萍, 鲍志东. 辽河坳陷西部高升以北地区湖盆深陷期的沉积特征[J]. 中国地质, 2010, 37(6): 1618-1627.

Wang Q C, He P, Bao Z D. Sedimentary characteristics of the deep fault depression period of the lacustrine basin in northern Gaosheng, western Liaohe Depression[J]. Geology in China, 2010, 37(6): 1618-1627.

[12]张允平, 宋维民, 那福超. 对冀北-辽西-大兴安岭地区晚中生代地层划分、对比的区域构造学思考[J]. 地质与资源, 2018, 27(4): 307-316.

Zhang Y P, Song W M, Na F C. Late Mesozoic stratigraphic division and correlation in Northern Hebei-Western Liaoning-Daxinganling area: From the view of regional tectonics[J]. Geology and Resources, 2018, 27(4): 307-316.

[13]李欣伟, 杜彦军, 席建桢, 等. 鄂尔多斯盆地海子塌地区长 6 油层组测井曲线标准化研究[J]. 地质与资源, 2018, 27(2): 192-198.

Li X W, Du Y J, Xi J Z, et al. Log curve normalization of C-6 Oil-bearing formation in Haizita area, Ordos Basin [J]. Geology and Resources, 2018, 27(2): 192-198.

[14]丁秋红, 李晓海, 李文博, 等. 辽宁北部秀水盆地义县组地层划分的地球物理响应特征[J]. 地质与资源, 2020, 29(1): 44-52.

Ding Q H, Li X H, Li W B, et al. Geophysical response of the stratigraphic division of Yixian Formation in Xiushui Basin, northern

- Liaoning Province[J]. *Geology and Resources*, 2020, 29(1): 44–52.
- [15]江国胜, 王震凯, 高亮, 等. 钻井地层划分方法在天津地区青白口系中的应用[J]. *地质与资源*, 2019, 28(2): 208–214.
- Jiang G S, Wang Z K, Gao L, et al. Application of geophysical logging method in stratigraphic division of Qingbaikouan System in Tianjin region[J]. *Geology and Resources*, 2019, 28(2): 208–214.
- [16]聂永生, 魏生祥, 田景春, 等. 应用测井地层学进行地层对比研究[J]. *科技导报*, 2013, 31(10): 35–39.
- Nie Y S, Wei S X, Tian J C, et al. Stratigraphic correlation research by applying logging stratigraphy[J]. *Science & Technology Review*, 2013, 31(10): 35–39.
- [17]王凯. 辽河西部凹陷西南部沙一、二段沉积体系与层序地层特征[J]. *特种油气藏*, 2002, 9(5): 22–25.
- Wang K. Sedimentary system and sequence stratigraphy of S1 and S2 member in southwest of Liaohe western depression[J]. *Special Oil and Gas Reservoirs*, 2002, 9(5): 22–25.
- [18]陈清华, 刘池阳, 李琴. 胜利油区孤岛油田新近系辅助标志层研究[J]. *地层学杂志*, 2003, 27(1): 46–49.
- Chen Q H, Liu C Y, Li Q. The study on the auxiliary index horizons of the Neogene in Gudao oil field, Shandong[J]. *Journal of Stratigraphy*, 2003, 27(1): 46–49.
- [19]庞军刚, 李文厚, 陈全红. 陕北地区延长组标志层特征及形成机制[J]. *地层学杂志*, 2010, 34(2): 173–178.
- Pang J G, Li W H, Chen Q H. Characteristics and deposition of marker beds in the Yanchang Formation of the Northern Shaanxi[J]. *Journal of Stratigraphy*, 2010, 34(2): 173–178.
- [20]张景军, 柳成志, 杜先芳, 等. 欧利坨子地区沙三上段地层划分与对比[J]. *大庆石油学院学报*, 2011, 35(1): 30–35.
- Zhang J J, Liu C Z, Du X F, et al. Stratigraphic classification and correlation of the upper section of Es₃ in Oulizuozi area[J]. *Journal of Daqing Petroleum Institute*, 2011, 35(1): 30–36.
- [21]李亚婷, 吴小斌, 刘江斌. 鄂尔多斯盆地延长组标志层特征及其成因[J]. *内蒙古石油化工*, 2018, 44(5): 118–119.
- Li Y T, Wu X B, Liu J B. The characteristics and depositional factor of marker bed in Yanchang Formation, Ordos Basin[J]. *Inner Mongolia Petrochemical Industry*, 2018, 44(5): 118–119.

(上接第 690 页/Continued from Page 690)

- [18]李勇, 周荣军, Densmore A L, 等. 青藏高原东缘龙门山晚新生代走滑挤压作用的沉积响应[J]. *沉积学报*, 2006, 24(2): 153–164.
- Li Y, Zhou R J, Densmore A L, et al. Sedimentary responses to Late Cenozoic thrusting and strike-slipping of Longmen Shan along eastern margin of Tibetan Plateau[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2006, 24(2): 153–164.
- [19]李勇, 周荣军, Densmore A L, 等. 青藏高原东缘龙门山晚新生代走滑-逆冲作用的地貌标志[J]. *第四纪研究*, 2006, 26(1): 40–51.
- Li Y, Zhou R J, Densmore A L, et al. Geomorphic evidence for the Late Cenozoic strike-slipping and thrusting in Longmen Mountain at the eastern margin of the Tibetan Plateau[J]. *Quaternary Sciences*, 2006, 26(1): 40–51.
- [20]李永昭, 郭兵. 成都平原的晚新生代构造[J]. *成都理工大学学报(自然科学版)*, 2008, 35(4): 371–376.
- Li Y Z, Guo B. Cenozoic tectonics of Chengdu Plain, Sichuan, China[J]. *Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition)*, 2008, 35(4): 371–376.
- [21]梁明剑, 李大虎, 郭红梅, 等. 成都盆地南缘第四纪构造变形及地貌响应特征[J]. *地震工程学报*, 2014, 36(1): 98–106.
- Liang M J, Li D H, Guo H M, et al. Quaternary tectonic deformation and geomorphologic response characteristics in the southern margin of Chengdu Basin[J]. *China Earthquake Engineering Journal*, 2014, 36(1): 98–106.
- [22]袁俊杰, 陶晓风. 四川名山-丹棱地区青衣江流域的砾石层特征及水系演化[J]. *地质学报*, 2008, 28(1): 6–12.
- Yuan J J, Tao X F. The features of gravel bed and drainage evolution in the Qingyi River valley in the Mingshan-Danling region, Sichuan[J]. *Acta Geologica Sichuan*, 2008, 28(1): 6–12.
- [23]王刚, 陶晓风, 伊海生, 等. 四川盆地西南缘雅安-名山地区青衣江古河道的变迁及蒙顶山背斜的隆起[J]. *第四纪研究*, 2010, 34(4): 779–790.
- Wang G, Tao X F, Yi H S, et al. Change of the paleo-Qingyijiang River and the rise of the Mengdingshan anticline on the south west margin of the Sichuan Basin[J]. *Quaternary Sciences*, 2010, 34(4): 779–790.